

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Emissionsminderung  
Behandlungsanlagen für Kühlgeräte  
und andere Wärmeübertrager-Geräte

VDI 2292  
Entwurf

Emission control –  
Treatment plants for refrigerators and  
other temperature exchange equipment

*Einsprüche bis 2022-09-30*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/2292>
- in Papierform an  
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft  
Fachbereich Umweltschutztechnik  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2
Einleitung.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Begriffe.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Abkürzungen.....</b>	<b>7</b>
<b>4 Rechtliche Rahmenbedingungen.....</b>	<b>7</b>
4.1 Abfallrechtliche Vorschriften.....	7
4.2 Immissionsschutzrechtliche Vorschriften.....	11
4.3 Wasserschutzrechtliche Vorschriften.....	13
4.4 Bodenschutzrechtliche Vorschriften.....	13
4.5 Anlagensicherheitsrechtliche Vorschriften.....	14
4.6 Arbeitsschutzrechtliche Bestimmungen.....	14
4.7 Stoffrechtliche Vorschriften.....	14
<b>5 Grundlagen zu den betrachteten Wärme- übertrager-Geräten und sonstigen Abfällen.....</b>	<b>15</b>
5.1 Arten der Wärmeübertrager-Geräte.....	15
5.2 Schadstoffe, Wertstoffe und Bauteile.....	24
5.3 Sonstige Abfälle zur Behandlung.....	27
<b>6 Technologie.....</b>	<b>27</b>
6.1 Überblick über den grundsätzlichen Prozessablauf.....	27
6.2 Anlieferung, Annahme, Abladen, Sortierung und innerbetrieblicher Transport.....	29
6.3 Lagerung der Wärmeübertrager-Geräte.....	29
6.4 Behandlung in Stufe 1.....	29
6.5 Behandlung in Stufe 2.....	36
6.6 Konditionierung der verflüssigten Kälte- und Treibmittel.....	42
6.7 Behandlung in Stufe 3.....	42
6.8 Lagerung der Outputfraktionen.....	44
<b>7 Relevante Emissionen in die Luft und Maß- nahmen zu deren Vermeidung oder Minimierung.....</b>	<b>47</b>
7.1 Allgemeines.....	47
7.2 Erfassung, Anlieferung, Annahme, Abladen, Sortierung und innerbetrieblicher Transport.....	47
7.3 Lagerung des Inputs.....	50
7.4 Behandlung in der Stufe 1.....	50
7.5 Behandlung in der Stufe 2.....	53

Inhalt	Seite
7.6 Konditionierung der verflüssigten Kälte- und Treibmittel.....	53
7.7 Behandlung in Stufe 3.....	56
7.8 Lagerung der Outputfraktionen.....	57
7.9 Anforderungen und Aufgaben für das Personal der Behandlungsanlagen.....	58
<b>8 Sonstige Umweltauswirkungen und deren Minderung.....</b>	<b>63</b>
8.1 Gewässer- und Bodenverunreinigungen.....	63
8.2 Gerüche.....	64
8.3 Lärm.....	64
<b>9 Anlagensicherheit.....</b>	<b>65</b>
9.1 Explosionsschutz.....	65
9.2 Brandschutz.....	66
9.3 Druckbehälter.....	67
9.4 Personenschutz.....	67
<b>10 Energie- und Betriebsstoffeffizienz.....</b>	<b>67</b>
10.1 Gesetzliche Grundlagen und Vorgaben.....	67
10.2 Energieeffizienzklassen für Komponenten.....	68
10.3 Beschaffung und Neuinvestition.....	68
10.4 Energiemonitoring.....	68
10.5 Eingesetzte Energieformen und Medien.....	69
10.6 Erfassung des Ressourcenverbrauchs.....	69
10.7 Auswertung.....	70
10.8 Energieeffizienzmaßnahmen.....	70
<b>11 Emissionswerte und andere Prüfparameter.....</b>	<b>71</b>
11.1 Emissionswerte.....	71
11.2 Prüfparameter für die Schadstoffentfrachtung.....	72
<b>12 Anlagenüberwachung.....</b>	<b>74</b>
12.1 Eigenüberwachung.....	75
12.2 Fremdüberwachung.....	76
12.3 Behördliche Überwachung.....	76
12.4 Messtechnische Überwachung der gefassten Emissionsquellen.....	77
12.5 Dokumentationspflichten.....	79
<b>Anhang A Übersicht über Stoffverbote relevanter Stoffe und Gemische.....</b>	<b>85</b>
<b>Anhang B Chemisch-physikalische Eigenschaften der im Anwendungsbereich der Richtlinie relevanten Stoffe.....</b>	<b>88</b>
Schrifttum.....	95

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss  
Fachbereich Umweltschutztechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3: Emissionsminderung II  
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik

Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2022

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dipl.-Chem. *Gerhard Beck*, Sanitz bei Rostock

Dipl.-Ing. *Christoph Becker*, Blieskastel

Dipl.-Ing. (FH) *Jürgen Beckmann*, Augsburg

Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Päd. *Markus Beyer*, Wetzlar

Dipl. Kfm. techn. *Christian Dworak*, München

Dipl.-Ing. *Bernhard Hessenius*, Düsseldorf

Dipl.-Ing. (FH) *Peter Heßler*, Karlstadt

*Martina Hirschfeld*, Emsdetten (†)

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. *Heike Holst*, Düsseldorf

Dipl.-Phys. *Oliver Kalusch*, Witten

*René Klink*, Wedendorfersee OT Benzin

Dr. *Sina Kummer*, Dessau-Roßlau

Dipl.-Ing. (FH) *Tim Nowak*, Lünen

Dipl.-Ing. *Jochen Schiemann*, Duisburg

Dr. *Joachim Schuh*, Mettlach

Dipl.-Ing. (FH) *Hans-Jürgen Sommer*, Lünen

Dipl.-Ing. *Kristine Sperlich*, Dessau-Roßlau

M. Sc. *Kerim Zaïdi*, Dessau-Roßlau

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Weitere aktuelle Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2292](http://www.vdi.de/2292).

## Einleitung

Bei der Produktion von Kühlgeräten wurden bis in die 1990er-Jahre in der Regel die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) R12 als Kältemittel für den Kältemittelkreislauf und R11 (in geringen Mengen auch R12) als Treibmittel für das Isolationsmaterial (meist PUR-Schaum) verwendet. Diese Kälte- und Treibmittel haben aufgrund ihrer Chlorbestandteile ein hohes ozonschichtschädigendes Potenzial (ODP). Deshalb wurde der Einsatz dieser Stoffe für die Produktion von Kühlgeräten in Deutschland zum 01.01.1995 durch die

FCKWHalonVerbV<sup>1)</sup> verboten. Während einer Übergangszeit wurden zunächst teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (H-FKW, z. B. R134a oder R141b) eingesetzt. Diese chlorfreien Kälte- und Treibmittel verfügen allerdings, wie die chlorhaltigen Kälte- und Treibmittel, über sehr hohe Treibhauspotenziale (GWP).

Die heute bei der Produktion von Kühlgeräten eingesetzten halogenfreien Kohlenwasserstoffe (z. B. R600a als Kältemittel im Kältemittelkreislauf und Pentane im Isolationsmaterial) tragen nicht mehr zum Abbau der Ozonschicht bei und haben auch ein geringes Treibhauspotenzial. Jedoch sind diese Kohlenwasserstoffe Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon. Zudem geht von ihnen eine Brand- und Explosionsgefahr aus.

Außer in Kühlgeräten wurden auch in anderen Wärmeübertrager-Geräten (siehe Abschnitt 5.1) halogenhaltige Kälte- und Treibmittel eingesetzt.

Aufgrund der langen Gebrauchsdauer der Kühlgeräte und anderer Wärmeübertrager-Geräte fallen noch erhebliche Mengen an Wärmeübertrager-Geräten mit halogenhaltigen Kälte- und Treibmitteln zur Entsorgung an. Außerdem werden auch heute noch Wärmeübertrager-Geräte (z. B. Wärmepumpentrockner, Klimageräte, Wärmepumpen) hergestellt, die H-FKWs (z. B. R32, R134a, R407c, R410) enthalten.

Das oberste Ziel bei der Kühlgeräteentsorgung ist die kontrollierte Ausschleusung und ordnungsgemäße Entsorgung dieser umweltkritischen Stoffe (Ozonschichtzerstörung, Treibhauseffekt) und somit die Vermeidung von deren Freisetzung.

Gemäß den Angaben des statistischen Bundesamts [1] wurden im Jahr 2021 mehr als 190000 Tonnen Wärmeüberträger (Geräte der Kategorie 1 gemäß ElektroG) gesammelt und behandelt. Davon wurden mehr als 162000 Tonnen recycelt, was einer Recyclingquote von über 85,5 % entspricht.

**Anmerkung:** Neben den in dieser Richtlinie behandelten Wärmeübertrager-Geräten (siehe Abschnitt 5.1) beinhaltet die Kategorie 1 gemäß ElektroG weitere Geräte (z. B. auch Ölradiatoren).

## 1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie beschreibt den Stand der Technik von Anlagen zur Behandlung von Wärmeübertrager-Geräten einschließlich der zugehörigen Nebeneinrichtungen zum Umschlag und zur zeitweiligen Lagerung. Sie beschreibt insbesondere Maßnah-

<sup>1)</sup> Die FCKWHalonVerbV wurde im Jahre 2006 durch die Verordnung (EG) Nr. 1005/2009 und in Ergänzung national durch die ChemOzonSchichtV ersetzt.

men und Einrichtungen zur Minderung von Emissionen bei Behandlung, Lagerung und Umschlag.

**Anmerkung:** Zu den hier betrachteten Wärmeübertrager-Geräten gehören u. a. Kühlgeräte, Gefriergeräte, Geräte zur automatischen Abgabe von Kaltprodukten, Klimageräte, Entfeuchter, Wärmepumpen, Wärmepumpentrockner und sonstige Wärmeübertrager-Geräte, bei denen andere Flüssigkeiten als Wasser für die Wärmeübertragung verwendet werden, sowie Kühl-/Gefriergeräte mit thermoelektrischer Kältemaschine, bei denen für die Isolation halogenhaltige Treibmittel eingesetzt werden. Sie können aus privaten Haushalten oder von anderen Nutzern als privater Haushalte (im Sinne des ElektroG) stammen.

Nicht in den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen

- die Behandlung, Lagerung und Umschlag von Wärmeübertrager-Geräten, die Wasser, wasserfreies Ammoniak oder CO<sub>2</sub> als Kältemittel und zusätzlich keine Isolationsmaterialien, die mit halogenhaltigen und/oder KW-haltigen Treibmittel geschäumt wurden, enthalten,
- ölfüllte Radiatoren,
- in Transportkälte- und Tiefkühlfahrzeugen festinstallierte Kälteanlagen (sogenannte „mobile“ Kälteanlagen) und

**Anmerkung:** Wärmeübertrager-Geräte wie Kühl-/Gefriergeräte, Klimaanlage etc. gelten in der Regel als „ortsfest“, da sie während des Betriebs im Normalfall nicht in Bewegung sind (siehe Art. 2. Absatz 23 VO (EU) Nr. 517/2014). Kälteanlagen in Tiefkühlfahrzeugen gelten dagegen als „mobile“ Anlagen, auch wenn sie in dem Fahrzeug „fest installiert“ sind, da sie während des Betriebs im Normalfall in Bewegung sind (siehe Art. 2 Absatz 24 VO (EU) Nr. 517/2014 sowie Frage Nr. 1.8 der entsprechenden FAQs des Umweltbundesamts [19]).

- ortsfeste Großanlagen.

**Anmerkung:** Die VDI-Richtlinie gilt jedoch für Geräte, die nicht speziell als Teil einer ortsfesten Großanlage konzipiert und darin eingebaut sind.

Bei der Behandlung dieser Geräte und Anlagen sollten die grundsätzlichen Anforderungen dieser VDI-Richtlinie trotzdem berücksichtigt werden.

Die Erfassung der Wärmeübertrager-Geräte ist grundsätzlich nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Die ordnungsgemäße Erfassung (das heißt Sammlung und Rücknahme) ist jedoch eine Grundvoraussetzung für die ordnungsgemäße Behandlung von Wärmeübertrager-Geräten. In Tabelle 8 werden deshalb auch bezüglich der Erfassung wesentliche Ursachen für mögliche Emissionen sowie allgemeine, präventive und akute Maßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung dieser Emissionen aufgeführt.

Es wird empfohlen, auch andere Abfälle (siehe Abschnitt 5.3), die halogenierte Treibmittel enthalten können (z. B. Isolationspaneel, Kühlboxen,

Warmwasserboiler), in den betrachteten Anlagen zu behandeln.

**Anmerkung:** Dabei sind die Vorgaben bezüglich bromierter Flammenschutzmittel gemäß Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-Verordnung) und POP-Abfall-ÜberwV zu beachten.

Die Richtlinie wendet sich an Planer, Hersteller und Betreiber solcher Anlagen sowie die zuständigen Prüfinstitute und Behörden.

**Anmerkung:** Zur besseren Lesbarkeit wird für alle im Sinne des Anwendungsbereichs zu behandelnde Abfälle der Sammelbegriff „Input“ verwendet. Als Sammelbegriff für alle betrachteten Gerätetypen wird der Begriff „Wärmeübertrager-Gerät“ verwendet.